

ABSTRACT

DE3638816

The hot rail coming from the rolling mill is cooled at an accelerated rate to temperatures below 100°C at the head and foot only, whereas the web is held at temperatures of 150 to 500°C, and is then passed immediately through a roller straightening machine. With the method according to the invention, it is possible to adjust the residual stress condition of the roller-straightened rails to very low values, relative to residual longitudinal tensile stress in the head and foot. The level of residual stress is reduced by more than 50% compared with rails roller-straightened in the conventional manner.

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3638816 C1

⑤① Int. Cl. 4:
B21D 3/02

②① Aktenzeichen: P 36 38 816.5-14
②② Anmeldetag: 13. 11. 86
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 5. 88

Behördeneigentum

DE 3638816 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Krupp Stahl AG, 4630 Bochum, DE

⑦④ Vertreter:
Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Knauf, R., Dipl.-Ing.;
Cohausz, H., Dipl.-Ing.; Werner, D., Dipl.-Ing.;
Redies, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte,
4000 Düsseldorf

⑦⑦ Erfinder:
Heller, Wilhelm, Dr.-Ing., 4100 Duisburg, DE; Weber,
Ludwig, Dr.-Ing., 4330 Mülheim, DE; Schweitzer,
Reinhard, Dr.-Ing., 4000 Düsseldorf, DE; Flügge,
Jürgen, Dr.-Ing., 4100 Duisburg, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 35 01 522 C1

⑤④ Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer Stahlschienen mittels Rollenrichten

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer gewalzter Stahlschienen mittels Rollenrichten.

Die aus der Walzhitze kommende Schiene wird nur an Schienenkopf und Schienenfuß beschleunigt auf Temperaturen unter 100°C abgekühlt, wohingegen der Steg auf Temperaturen von 150 bis 500°C gehalten wird, und danach unmittelbar durch eine Rollenrichtmaschine geführt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, den Eigenspannungszustand der rollengerichteten Schienen auf sehr niedrige Werte, bezogen auf Längzugeigenspannung in Kopf und Fuß, einzustellen. Das Eigenspannungsniveau wird gegenüber in üblicher Weise rollengerichteten Schienen um mehr als 50% vermindert.

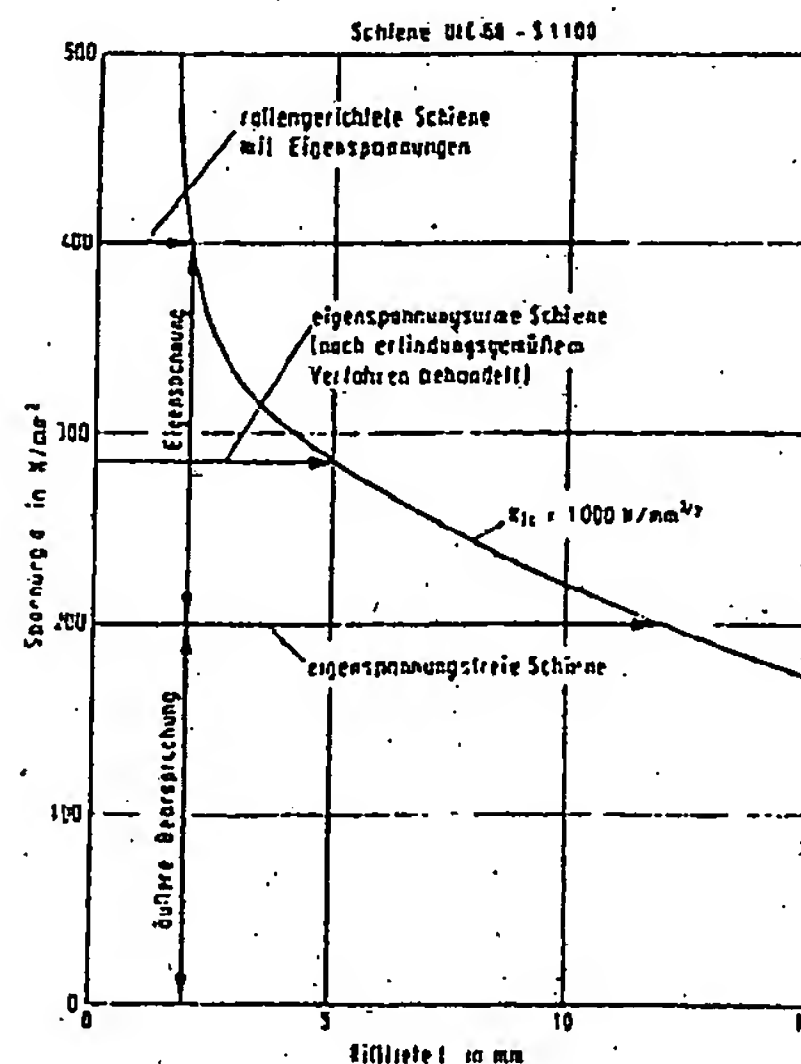


Fig. 2

DE 3638816 C1

Patentanspruch

Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer Schienen aus Stahl mittels Rollenrichten, wobei

- die Schiene nach dem Warmwalzen aus der Walzendtemperatur von 950 bis 1050°C auf eine Temperatur von unter 100°C abgekühlt,
- der Schienensteg auf eine Temperatur von 150 bis 500°C gebracht,
- die Schiene mit diesem Temperaturprofil einer Rollenrichtmaschine zugeführt,
- gerichtet,
- und nach dem Richten auf Raumtemperatur abgekühlt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß das Bringen des Schienenstegs auf die Temperatur von 150 bis 500°C dadurch erfolgt, daß während des Abkühlens der Schiene nach dem Warmwalzen der Schienenkopf und der Schienenfuß beschleunigt auf die Temperatur von unter 100°C abgekühlt werden.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer Stahlschienen mittels Rollenrichten gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs.

Durch Warmwalzen von Stahl in entsprechend kalibrierten Walzen hergestellte Schienen kühlen nach dem Walzen auf Kühlbetten an Luft auf 20 bis 100°C ab. Wegen der unterschiedlichen Verhältnisse von Masse zu Oberfläche bei Schienenkopf und -fuß verbiegen sich die Schienen jedoch beim Abkühlen. Sie müssen deshalb wegen der Geradheitsanforderungen auf Rollenrichtmaschinen gerichtet und, sofern erforderlich, noch mit Stempelpressen nachgerichtet werden ("Die Eisenbahnschiene" von Fritz Fastenrath, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 1977, S. 113 u. 114). Dabei entstehen auf der Fahrfläche des Schienenkopfes und an der Unterseite des Schienenfußes hohe Zugeigenspannungen, wie auf Seite 37 des oben angegebenen Fachbuches beschrieben. Diesen Spannungen überlagern sich im Betrieb z. B. im Schienenfuß Biegezugspannungen durch die Einwirkung der Räder und Längszugspannungen durch Abkühlung und Kontraktion der Schienen bei tiefen Temperaturen.

Die in den Schienen vorhandenen Zugeigenspannungen setzen daher die Bruchsicherheit der Schienen bei Vorhandensein von Oberflächenfehlern, wie z. B. Ermüdungsanrissen, bei statischer oder schlagartiger Beanspruchung herab (Technische Mitteilungen Krupp, Werksberichte 39 (1981), Seiten 33—41).

Zur Absenkung der Eigenspannungen kann man die Schienen spannungsarmglühen, recken (DE-OS 32 23 346) oder gesteuert abkühlen und seitlich richten (DE-PS 19 42 929).

Diese Verfahren sind einerseits sehr aufwendig (Spannungsarmglühen), andererseits ergeben sich verfahrenstechnische Schwierigkeiten (Reckrichten), und z. T. sind die für einen Personenverkehr mit hohen Geschwindigkeiten geforderten Geradheiten nicht sicher einstellbar (Reckrichten, gesteuerte Abkühlung in Verbindung mit seitlichem Richten).

Die DE-PS 35 01 522 sieht ein eingangs bezeichnetes Verfahren vor, wonach die nach dem Warmwalzen aus der Walzendtemperatur von 950 bis 1050°C auf unter

100°C abgekühlten Schienen vor dem Einlauf in die Rollenrichtmaschine im Schienensteg auf 100 bis 500°C erwärmt werden und nach dem Richten an Luft auf Raumtemperatur abkühlen.

Durch diese Maßnahme ergeben sich im Steg Druckvorspannungen in Höhe der Streckgrenze. Das Rollenrichten kann mit geringeren Kräften erfolgen und führt zu gleichmäßigeren Verformungen über den Schienenquerschnitt. Nach dem Richten gleicht sich die Temperatur des Steges der von Schienenkopf und -fuß an. Die Längszugspannungen in Kopf und Fuß werden abgebaut und können sogar in Druckspannungen umgewandelt werden.

Obwohl mit diesem Verfahren gute Ergebnisse in bezug auf den Abbau von Längszugeigenspannungen in Kopf und Fuß der Schienen erzielbar sind, ist dieses Verfahren jedoch zeit- und energieaufwendig. Bei voller Auslastung eines Schienenwalzwerkes werden zur Abkühlung der gewalzten Schienen an Luft auf unter 100°C große Kühlbettflächen benötigt. Das vorgesehene Erwärmen des Schienensteges vor Einlauf in die Rollenrichtmaschine durch Induktoren oder Brenner führt zu einem zusätzlichen Energieaufwand und einer Verzögerung im gesamten Verfahrensablauf.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs angegebenen Gattung zu schaffen, das wenig zeitaufwendig und vor allem energiesparend ist.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, daß das Bringen des Schienenstegs auf die Temperatur von 150 bis 500°C dadurch erfolgt, daß während des Abkühlens der Schiene nach dem Warmwalzen der Schienenkopf und der Schienenfuß beschleunigt auf die Temperatur von unter 100°C abgekühlt werden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die der Schiene vom Walzprozeß her mitgegebene Wärme ausgenutzt, um die für das nachfolgende Rollenrichten vorteilhaften Temperaturen von 150 bis 500°C des Schienensteges einzustellen. Diese Maßnahme bedeutet gegenüber dem bisherigen Stand der Technik — Aufwärmen des Schienensteges mittels Induktoren oder Brennern — eine erhebliche Energieeinsparung und beseitigt auch Verzögerungen im Verfahrensablauf, die zwangsläufig beim Aufwärmen mittels Induktoren oder Brennern entstehen.

Das beschleunigte Abkühlen, vorzugsweise mittels Wasser oder Wasser-Luft-Gemischen, ist demgegenüber wesentlich schneller und billiger.

Die beschleunigte Abkühlung soll bei Schienenstählen eutektoider oder leicht untereutektoider Zusammensetzung nach dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm vorzugsweise so erfolgen, daß die Umwandlung über den gesamten Schienenquerschnitt in der Perlitstufe erfolgt. Denn es ist für das Gebrauchsverhalten der Schiene im späteren Einsatz wesentlich, daß keine Gefügeanteile von Bainit (Zwischenstufengefüge) und bzw. oder Martensit vorliegen. Bei Vorliegen derartiger Gefügeanteile in Schienen mit perlitischem Grundgefüge würden diese über den Querschnitt gesehen örtlich unerwünschte Spannungen hervorrufen. Anteile von Bainit und bzw. oder Martensit an der Schienenfahrfläche führen erfahrungsgemäß zu Rißbildungen, die ein vorzeitiges Auswechseln der Schiene erforderlich machen.

Die erforderlichen Abkühlgeschwindigkeiten können bekannten Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubildern (ZTU-Diagramm) entnommen werden; danach lassen sich die erforderlichen Mengen der Abkühlmedien festlegen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Zugeigenspannungen in Kopf und Fuß der Schiene stark abgebaut oder sogar in Druckspannungen umgewandelt. Es wird zudem das Eigenspannungsniveau in Schienenkopf bzw. Schienenfuß gegenüber üblich gerichteten Schienen um mehr als 50% vermindert.

Das Verfahren ist nicht nur anwendbar auf alle Schienenstähle, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung — auch beim beschleunigten Abkühlen — noch eine Umwandlung in der Perlitstufe zulassen, sondern kann auch auf Schienenstähle, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung bei der Abkühlung Zwischenstufengefüge (Bainit) bilden, angewendet werden. Bei diesen bainitischen Stählen muß die Abkühlung so erfolgen, daß keine Martensitanteile im bainitischen Grundgefüge entstehen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert.

Fig. 1 zeigt in maßstäblicher Darstellung das Profil einer Schiene, bestehend aus Kopf 1, Steg 2 und Fuß 3. Bei Durchführung des Verfahrens empfiehlt es sich, nicht nur den Steg 2, sondern auch den unteren Bereich 1' des Kopfes und den oberen Bereich 3' des Schienenfußes auf einer Temperatur von 150 bis 500°C zu halten. Vorteilhafterweise sollten während des Richtvorgangs etwa 40% des Schienenquerschnitts eine Temperatur von 150 bis 500°C aufweisen. Da der Steg mit Kopf und Fuß ein einheitliches Werkstück bildet und die Wärme mithin ungehindert aus dem warmen Steg in den kalten Kopf und Fuß abfließen kann, wird an den Übergängen Kopf/Steg und Steg/Fuß ein Temperaturgradient vorliegen. In diesen Bereichen wird die Temperatur kontinuierlich von z. B. 350°C im Steg auf 50°C in den beschleunigt abgekühlten Bereichen von Kopf und Fuß abfallen.

Nach dem Rollenrichten kühlt die Schiene an Luft auf Raumtemperatur ab. Die bei der Abkühlung eintretende Schrumpfung des Steges bewirkt eine Verminderung der durch das Richten hervorgerufenen Zugeigenspannungen in Kopf und Fuß der Schiene.

Die Verminderung der Eigenspannungen in Kopf und Fuß der Schiene führt zu einer wesentlichen Verbesserung der Bruchsicherheit. Dieser Zusammenhang wurde an entsprechend behandelten Schienen bestätigt. Dazu wurden im Fuß mit einem Querkerb versehene Schienenabschnitte untersucht. Die Versuchsergebnisse sind in

Fig. 2 für das Schienenprofil UIC 60, Schienenqualität S 1100, d. h., für eine Schiene mit 1100 N/mm² Mindestzugfestigkeit, dargestellt.

Bei einer Rißzähigkeit K_{IC} von 1000 N/mm^{3/2} und einer äußeren Beanspruchung bzw. Spannung σ von 200 N/mm² wird eine eigenspannungsfreie Schiene noch eine Rißtiefe t von etwa 10 mm ertragen. Eine herkömmlich rollengerichtete Schiene mit einer Eigenspannung von 200 N/mm² wird unter gleicher äußerer Beanspruchung bereits bei einer Rißtiefe von rund 2 mm brechen, wohingegen eine nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelte Schiene mit einer Eigenspannung von 90 N/mm² noch eine Rißtiefe von rund 5 mm ertragen kann. Die erfindungsgemäß behandelte eigenspannungsarme Schiene hat mithin eine wesentlich höhere Bruchsicherheit, da kleine Anrisse oder Kerben, die sich durch zerstörungsfreie Prüfverfahren kaum erfassen lassen, nicht zum Versagen der Schiene führen.

- Leerseite -

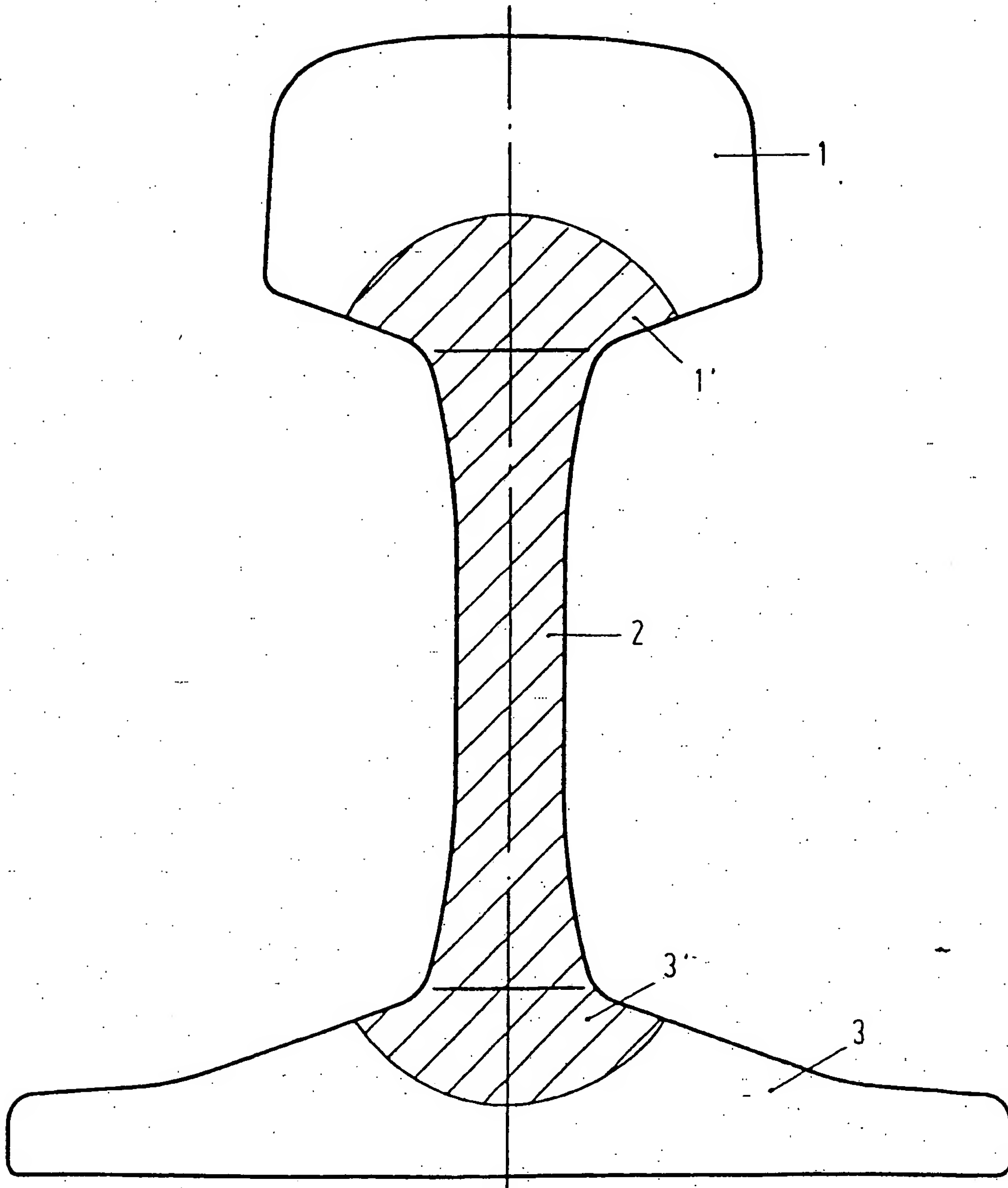


Fig. 1

Schiene UIC 60 - S 1100

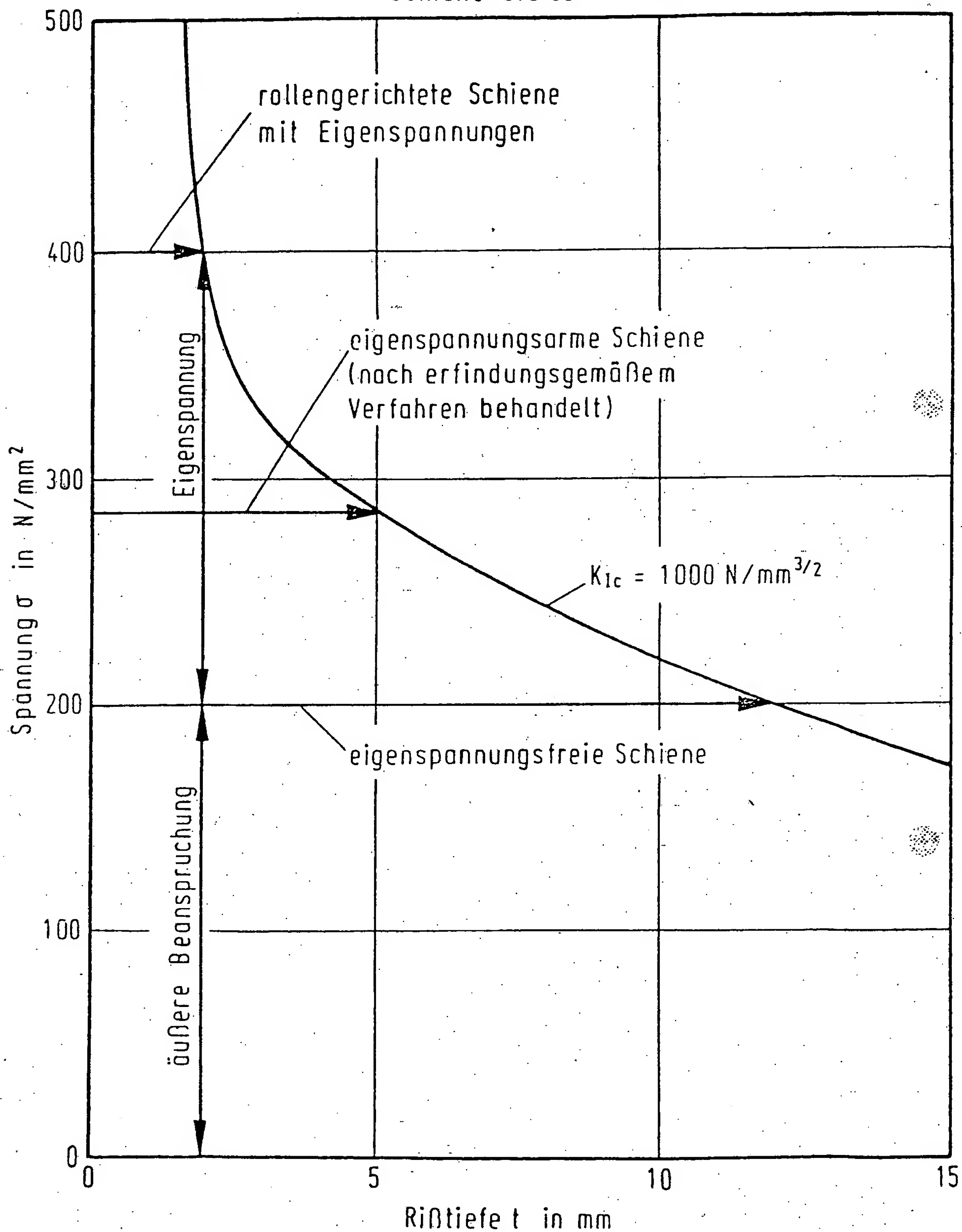


Fig. 2